

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝKONNÉ NÁSTROJE PRO VRTÁNÍ

EFFECTIVE DRILLING TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Martin Šrefl

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. Anton Humár, CSc.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Martin Šrefl

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Výkonné nástroje pro vrtání**

v anglickém jazyce:

### **Effective drilling tools**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce je zaměřena na vrtací nástroje z hlediska jejich rozdělení, označování, materiálu, užití a současných trendů vývoje a výroby u renomovaných špičkových producentů nástrojů, v konstrukční i materiálové oblasti.

Cíle bakalářské práce:

1. Základní charakteristiky vrtání
2. Charakteristika vrtacích nástrojů z hlediska konstrukce, nástrojového materiálu, způsobu označování a užití
3. Vrtací nástroje v sortimentu výroby nejvýznamnějších domácích a světových producentů nástrojů

Seznam odborné literatury:

1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. MM publishing s. r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
3. HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Technologie vrtání. MM Průmyslové spektrum - Speciální vydání. Září 2004. ISSN 1212-2572., s. 52-62.
4. HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Upínání rotačních nástrojů. MM Průmyslové spektrum - Speciální vydání. Září 2004. ISSN 1212-2572., s. 70-83.
5. HUMÁR, A. Technologie I - Základní metody obrábění - 1. část. Interaktivní multimediální text pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2004. [online]. Dostupné na World Wide Web: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl\\_met\\_obr/zakl\\_met\\_obr\\_1.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1.pdf).
6. Odborné časopisy: CIRP Annals - Manufacturing Technology (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00078506>), International Journal of Machine Tools and Manufacture (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/08906955>), Journal of Materials Processing Technology (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09240136>), Wear (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00431648>).
7. Technické materiály a prospekty firem Ceratizit, Gühring, Iscar, Kennametal, Korloy, Mitsubishi, Pramet Tools, Sandvik Coromant, Seco, Titex, Walter, Widia, WNT.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Anton Humár, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 30.10.2013

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce je v první části zaměřena na základní charakteristiku vrtání, rozdělení vrtacích nástrojů z hlediska konstrukčního a materiálového. A v druhé části je porovnán sortiment výroby vrtáků s vyměnitelnými břitovými destičkami tuzemské firmy Pramet Tools se zahraniční firmou Sandvik Coromant.

**Klíčová slova**

vrtání, vrtací nástroje, řezné materiály, Pramet Tools, Sandvik Coromant

**ABSTRACT**

The first part of this bachelor thesis is focused on the basic characteristic of drilling, dividing drilling tools from the point of view of construction and materials. Range of products drills with indexable cutting inserts domestic company Pramet Tools are compared with Range of products international company Sandvik Coromant in the second part.

**Keywords**

drilling, drilling tools, cutting materials, Pramet Tools, Sandvik Coromant

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ŠREFL, M. *Výkonné nástroje pro vrtání*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 37 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Anton Humár, CSc..

### PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Výkonné nástroje pro vrtání** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Martin Šrefl

**PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto vedoucímu práce doc. Ing. Antonovi Humárovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 Charakteristika vrtání.....	10
1.1 Průřez třísky .....	11
1.2 Tvorba třísky .....	12
1.3 Přívod procesní kapaliny .....	12
1.4 Silové působení při vrtání .....	13
1.5 Vrtání hlubokých děr .....	14
1.5.1 Možnosti vrtání hlubokých děr .....	14
1.5.2 Přívod procesní kapaliny a odvod třísek.....	14
2 Vrtací nástroje.....	17
2.1 Šroubovitě vrtáky.....	17
2.2 Kopinaté vrtáky.....	19
2.3 Vrtáky s vyměnitelnou špičkou .....	19
2.4 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami .....	19
3 Materiály pro vrtací nástroje.....	21
3.1 Rychlořezné oceli .....	21
3.2 Slinuté karbidy .....	21
3.2.1 Povlakované slinuté karbidy .....	22
3.2.1.1 Metoda PVD .....	22
3.2.1.2 Metoda CVD.....	23
3.3 Cermety.....	23
3.4 Řezná keramika.....	24
3.4.1 Oxidová keramika.....	24
3.4.2 Nitridová keramika .....	24
3.5 Supertvrde materiály .....	24
4 Vrtací nástroje v sortimentu výroby nejvýznamnějších domácích a světových producentů nástrojů.....	26
4.1 Pramet Tools .....	26
4.2 Sandvik Coromant .....	28
4.2.1 Sortiment výroby .....	29
4.2.1.1 CoroDrill 880.....	29

4.2.1.2 CoroDrill 881 .....	30
4.2.2 Materiály pro VBD .....	31
Závěr .....	32
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	33
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	36



## ÚVOD

Proces obrábění děr patřil vždy k nejběžnějším technologickým operacím. Tak jako ve všech technologických procesech, tak i v procesu vrtání dochází k výrazné modernizaci. Tento vývoj se projevuje v konstrukci vrtacích nástrojů, ale i v řezných materiálech, ze kterých jsou zhotovovány. Vrtáky už nejsou zdaleka jen klasické šroubovitě vyrobené z rychlořezné oceli, ale s nástupem slinutých karbidů, řezné keramiky, cermetů či supertvrdých materiálů, se obzory v procesu vrtání posunuly k jiným možnostem.

I přes značnou snahu o zlepšení kvality povrchu vrtaných děr, je ze samé podstaty vrtacího procesu vrtání spíše operací hrubovací, po které v drtivé většině případů následují dokončovací operace. Mezi dokončovací operace se řadí především vyhrubování a vystružování. Díry do jmenovitého průměru 10 mm se pouze vystružují. Díry s větším jmenovitým průměrem než 10 mm se nejdříve vyhrubují pro zlepšení geometrických parametrů a poté se vystružují pro dosažení velmi přesné díry s požadovanými rozměrovými a geometrickými tolerancemi.

Na celkovou přesnost při vrtání má také velmi podstatný vliv celková tuhost soustavy - stroj, nástroj, přípravek, obrobek. Stroje pro vrtání se nazývají vrtačky. Vrtačky je možné rozdělit dle konstrukce na stolní, stojanové, sloupové, radiální, vícevřetenové a speciální. V dnešní době se vrtáky také používají v moderních obráběcích centrech.

## 1 CHARAKTERISTIKA VRTÁNÍ

Vrtání je technologie třískového obrábění, která slouží ke zhotovování průchozích a slepých děr. Ve strojírenství je to velmi rozšířená technologická operace, u které rozeznáváme dva základní způsoby vrtání a to do plna a do předpřipravených děr, které byly zhotoveny předlisováním, předlitím, předvrtáním, předkováním či jiným technologickým postupem.

Charakteristickým rysem při vrtacím procesu je měnící se řezná rychlost podél hlavního ostří, v ose vrtáku je nulová, směrem k obvodu vrtáku se zvyšuje až k maximu, kterého dosahuje na jmenovitém průměru, jak je vidět z obr. 1.1. Za řeznou rychlost byla stanovena obvodová rychlost na maximálním průměru břitu nástroje. Extremní podmínky při vrtání vedou k různému opotřebení břitu a k poměrně velkým nepřesnostem.

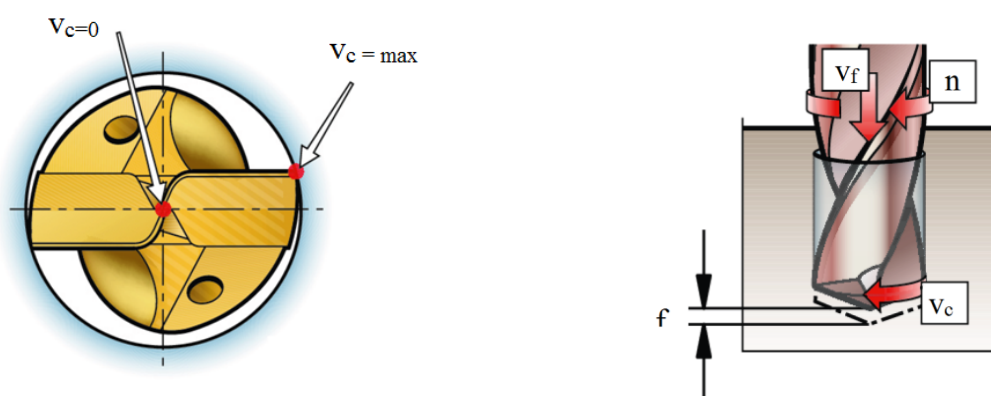
Vrták koná pohyb hlavní i vedlejší. Hlavním pohybem při vrtání je pohyb rotační, vedlejší pohyb je přímočarý posuvný. Hlavní pohyb může být výjimečně vykonáván i obrobkem, například u vrtání na soustruhu. Hodnoty jednotlivých rychlostí se vyjádří následujícími vztahy [1]:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad (1.1)$$

$$v_f = f \cdot n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]} \quad (1.2)$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} = n \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + f^2} \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad (1.3)$$

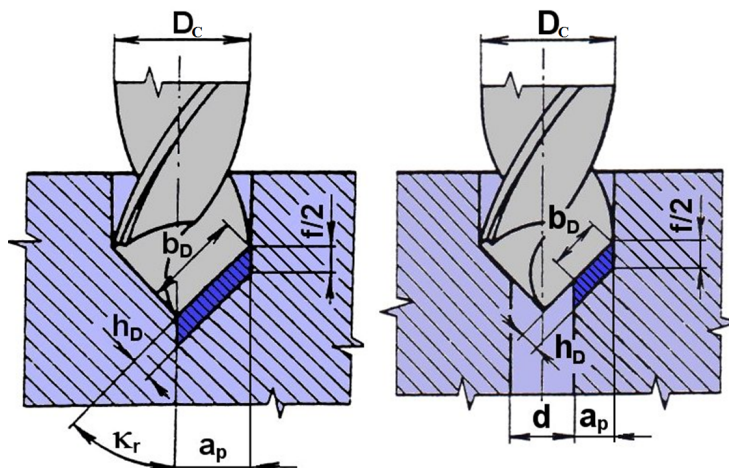
kde:  $v_c$  je řezná rychlost,  
 $v_f$  je posuvová rychlost,  
 $v_e$  je rychlost řezného pohybu,  
 $D$  [mm] je průměr obráběné díry,  
 $n$  [min<sup>-1</sup>] jsou otáčky nástroje (popřípadě obrobku),  
 $f$  [mm] je posuv nástroje na jednu otáčku.



Obr. 1.1 Schéma řezného procesu [2].

### 1.1 Průřez třísky

Základní charakteristické veličiny jsou znázorněny na obr. 1.2. Pro výpočet těchto veličin jsou pro dvoubřitý šroubovitý vrták dány následující vztahy: [1, 3]



Obr. 1.2 Znázornění průřezu třísky při vrtání dvoubřitým šroubovitým vrtákem [1].

Výpočet šířky záběru ostří  $a_p$  pro vrtání do plného materiálu:

$$a_p = \frac{D_c}{2} \text{ [mm]} \quad (1.4)$$

Celkový průřez třísky  $A_d$  pro vrtání do plného materiálu je dán vztahem:

$$A_d = b_d \cdot h_d = a_p \cdot \frac{f}{2} = \frac{D_c \cdot f}{4} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (1.5)$$

Výpočet šířky záběru ostří  $a_p$  pro vrtání do předpřipravené díry:

$$a_p = \frac{D_c - d}{2} \text{ [mm]} \quad (1.6)$$

Celkový průřez třísky  $A_d$  pro vrtání do předpřipravené díry je dán vztahem:

$$A_d = \frac{D_c - d}{2} \cdot \frac{f}{2} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (1.7)$$

Jmenovitá tloušťka třísky  $h_d$  se vyjádří dle vztahu:

$$h_d = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r \text{ [mm]} \quad (1.8)$$

Jmenovitá šířka třísky  $b_d$  pro vrtání do plna se vyjádří dle vztahu:

$$b_d = \frac{D_c}{2 \cdot \sin \kappa_r} \text{ [mm]} \quad (1.9)$$

Jmenovitá šířka třísky  $b_d$  pro vrtání do předpřipravené díry se vyjádří dle vztahu:

$$b_d = \frac{D_c - d}{2 \cdot \sin \kappa_r} \text{ [mm]} \quad (1.10)$$

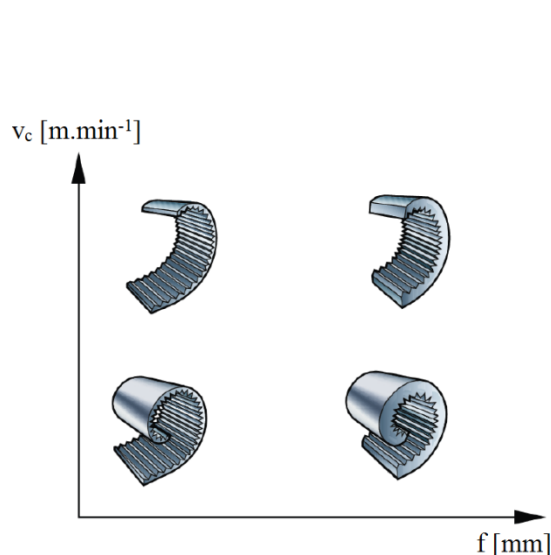
Objem odebraného materiálu  $V$  za časovou jednotku se spočítá dle vztahu:

$$V = A_d \cdot 2 \cdot v_c \cdot 1000 [\text{mm}^3 \cdot \text{min}^{-1}] \quad (1.11)$$

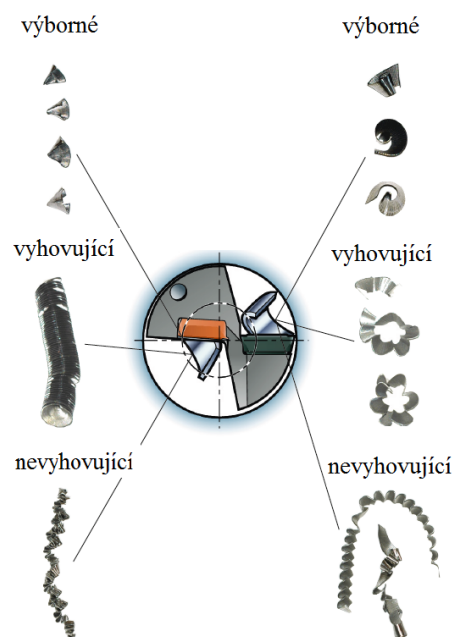
kde:  $D_C$  [mm] je průměr vrtáku,  
 $d$  [mm] je průměr předpřipravené díry,  
 $\kappa_r$  [°] je nástrojový úhel nastavení hlavního ostří (polovina úhlu špičky vrtáku).

## 1.2 Tvorba třísky

Tvorba třísky a její odvod je další problematikou při vrtání. Správné utváření třísky vede k lepší kvalitě obrobené plochy a zároveň se tím zvyšuje také životnost nástroje. Utváření třísky je zejména ovlivňováno řeznými parametry (posuv a řezná rychlost viz. obr. 1.3), obráběným materiálem, výběrem typu vrtáku (geometrie břitu) a v neposlední řadě přívodem procesní kapaliny. Třísky lze rozdělit dle jejich velikosti a tvaru do několika skupin viz. obr. 1.4. Ideálně se tříska odvádí od břitu podél osy vrtáku směrem ven z díry. V případě, že se tříska tvoří i do radiálního směru, jedná se o nežádoucí jev.



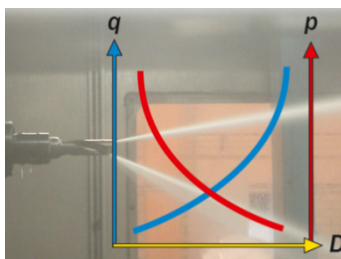
Obr. 1.3 Utváření třísky [2].



Obr.1.4 Klasifikace třísek [2].

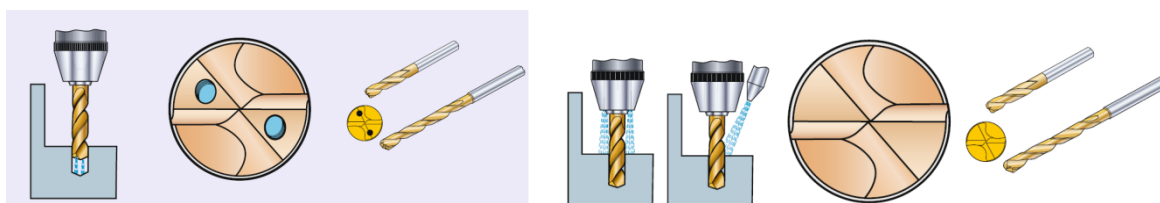
## 1.3 Přívod procesní kapaliny

Odvod třísky, chlazení a zajišťování mazání mezi obráběným materiálem a nástrojem jsou primární úkoly procesní kapaliny. Tyto aspekty mají dopad na kvalitu obrobené plochy a na životnost nástroje. Zásobník procesní kapaliny by měl mít pětikrát až dvanáctkrát větší objem než je objem kapaliny, kterou je schopno dodat čerpadlo za jednu minutu. Závislost průtoku  $q$ , průměru obráběné díry  $D$  a tlaku  $p$  procesní kapaliny je znázorněn na obr. 1.5.



Obr. 1.5 Charakteristika přívodu procesní kapaliny [2].

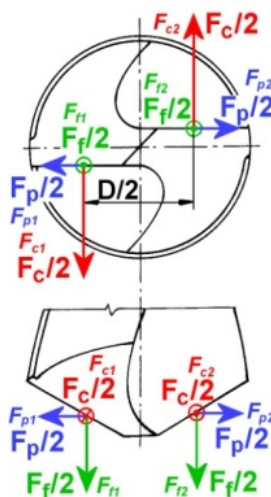
V zásadě jsou používány dva způsoby přívodu procesní kapaliny k místu úběru materiálu. Konkrétně je to vnější, respektive vnitřní přívod. Tam, kde je to možné, preferujeme vnitřní přívod a to z důvodu lepšího transportu procesní kapaliny do místa úběru materiálu. Tím pádem je chlazení, odvod třísky a mazání intenzivnější, než když je použito vnějšího přívodu procesní kapaliny. Jestliže je použit vnější přívod procesní kapaliny, musíme se ujistit zda jsou trysky s procesní kapalinou správně zaměřeny do ideálního místa. Na obr. 1.6. je vidět proces vrtání s vnitřním a s vnějším přívodem procesní kapaliny.



Obr. 1.6 Dvoubřítý šroubovítý vrták [4], a) s vnitřním přívodem procesní kapaliny, b) s vnějším přívodem procesní kapaliny.

#### 1.4 Silové působení při vrtání

Při vrtání dvoubřítým šroubovítým vrtákem se silové působení na břit mění po jeho celé délce. Avšak je domluveno, že působíště působících sil je zvoleno vždy uprostřed každého břitu. Působícími silami se rozumí řezná síla  $F_c$ , posuvová síla  $F_f$  a pasivní síla  $F_p$ . Za předpokladu, že je vrták symetricky naostřen platí, že síly na obou břitech mají stejnou velikost jak je patrné z obr. 1.7 a z následujících rovnic [1]:



Obr. 1.7 Silové působení při vrtání [1].

$$F_c = F_{c1} + F_{c2} = 2 \cdot \frac{F_c}{2} [\text{N}] \quad (1.12)$$

$$F_f = F_{f1} + F_{f2} = 2 \cdot \frac{F_f}{2} [\text{N}] \quad (1.13)$$

$$F_p = F_{p1} - F_{p2} = 0 [\text{N}] \quad (1.14)$$

Pro krouticí moment  $M_k$  a řezný výkon  $P_c$  lze definovat vztahy takto [1]:

$$M_k = \frac{F_c \cdot D}{4} [\text{N.m}] \quad (1.15)$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{2 \cdot 60 \cdot 1000} [\text{kW}] \quad (1.16)$$

## 1.5 Vrtání hlubokých děr

Charakteristickým znakem pro vrtání hlubokých děr je, že délka vrtané díry se nachází v rozmezí 5D až 100D. Problémem této metody je přívod procesní kapaliny a odvod třísky z místa řezu, který je umocněn hloubkou vrtání.

### 1.5.1 Možnosti vrtání hlubokých děr

Metoda vrtání hlubokých děr do plna je nejběžnější u malých a středních průměrů vrtaných děr. Jejím typickým rysem je, že vrtaná díra je zhotovována do plného materiálu na jednu operaci.

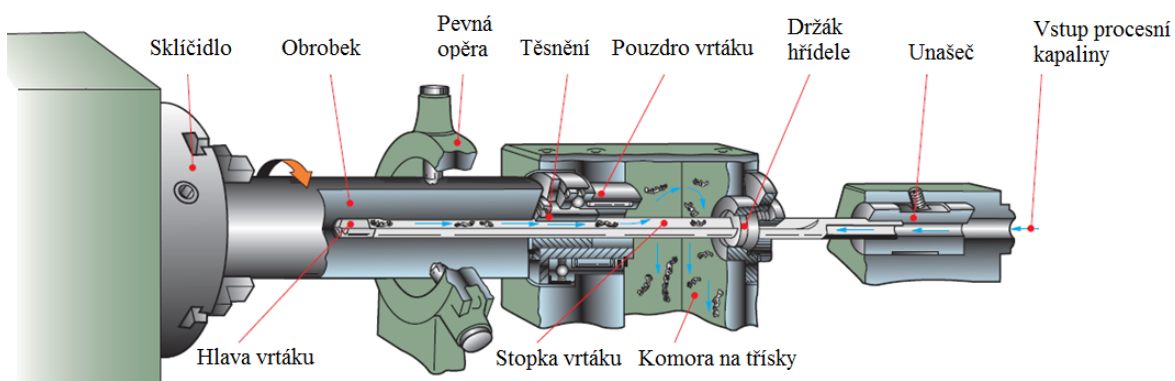
Vrtání hlubokých děr na jádro je technologie vrtání, při které je tříska odebírána pouze z mezikruží, přičemž ve vnitřku mezikruží materiál zůstává. Tento zbylý materiál je označován jako jádro. Vrtání na jádro je stejně jako vrtání do plného materiálu prováděno na jednu operaci, ale s tím rozdílem, že je zapotřebí menšího výkonu stroje. Nevýhodou této technologie je, že při vrtání hlubších děr dochází k průhybu jádra působením tíhové síly. To může být problémem při výměně vyměnitelných břitových destiček (VBD), kdy je potřeba vrták vysunout a opětovně zasunout [3].

Vrtání již předvrtané díry je nasazeno tehdy, vyžadují-li se větší přesnosti obrobené díry s dobrou jakostí povrchu. Tato operace často následuje po operaci vrtání do plného materiálu, kdy je díra tímto způsobem předvrtána.

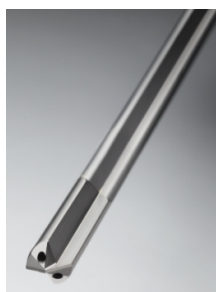
### 1.5.2 Přívod procesní kapaliny a odvod třísek

Pro přívod procesní kapaliny a odvod třísek se používají tři různé systémy. Je to systém: dělový, ejektorový a systém STS (Single Tube System).

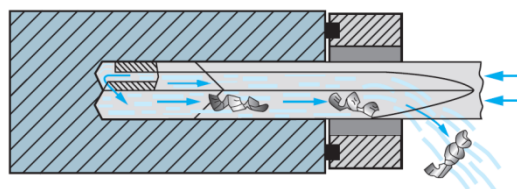
Dělový systém (obr.1.8) je založen na principu přívodu procesní kapaliny vnitřním kanálkem a odvodu třísky z místa řezu pomocí V-drážky na povrchu vrtáku, jak je vidět na obr. 1.9. V důsledku V-drážky je průřez vrtáku jen 3/4 plného průřezu. Vrtacím nástrojem je dělový vrták obr.1.10. Tento systém se využívá převážně pro malé průměry vrtaných děr. Výhodou je snadné použití v obráběcím centru s využitím předvrtané díry jako vodícího mechanismu. Nevýhodou je nutnost vysokotlakého přívodu procesní kapaliny [5].



Obr. 1.8 Systém dělového vrtání [5].

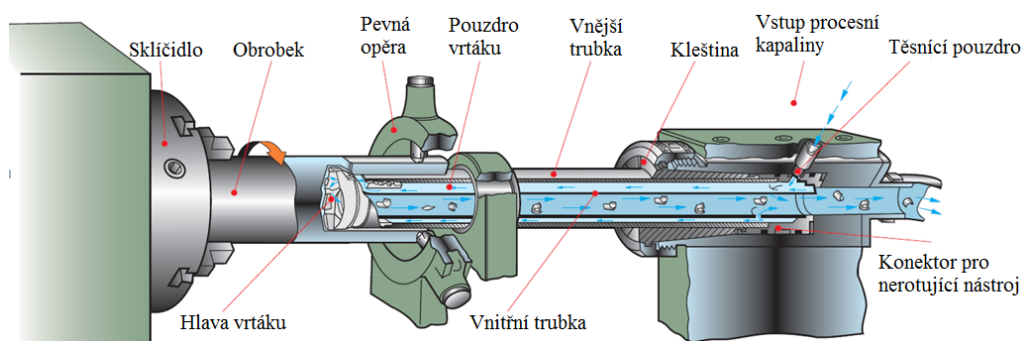


Obr. 1.9 Dělový vrták [6].



Obr. 1.10 Systém dělového vrtání [5].

Ejektorový systém (obr. 1.11) lze s výhodou využít ve strojích s vodorovným vřetenem (soustruhy, obráběcí centra). Systém se skládá z hlavy vrtáku, vnitřní trubky, vnější trubky, konektoru, kleštiny a těsnící objímky. Vrtací hlavice (obr. 1.12) je zašroubována do vnější trubky pomocí čtyřchodého plochého závitu. Tento systém využívá dvou trubek, konkrétně vnější a vnitřní, které jsou upevněny ke konektoru pomocí kleštiny a těsnící objímky. Procesní kapalina je čerpána prostorem mezi vnitřní a vnější trubicí. Odvod procesní kapaliny spolu s třískami je kompletně realizován pouze vnitřní trubicí, jak je dobře vidět z obr. 1.13. Tento systém nevyžaduje žádné těsnění mezi pouzdem vrtáku a obrobkem, avšak vyžaduje různé rozměry kleštin a těsnících objímek. To je způsobeno tím, že pro různé rozsahy průměrů, respektive vnějších trubek je třeba různých rozměrů těchto součástí [4].

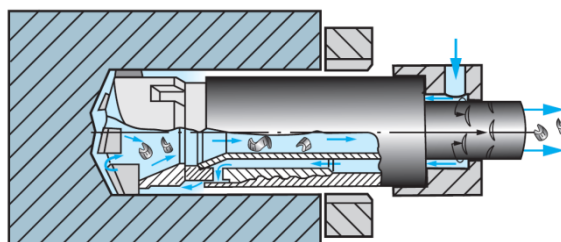


Obr. 1.11 Systém ejektorového vrtání [5].



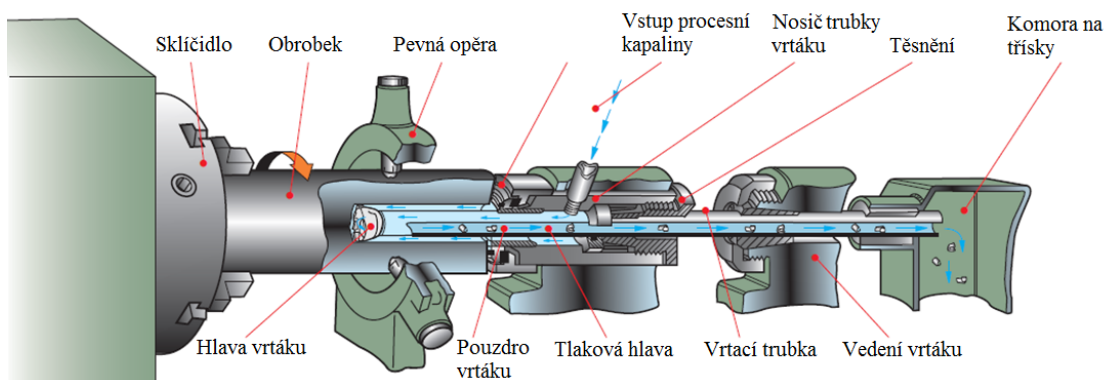


Obr. 1.12 Ejektorová vrtací hlavice [7].



Obr. 1.13 Systém ejektorového vrtání [5].

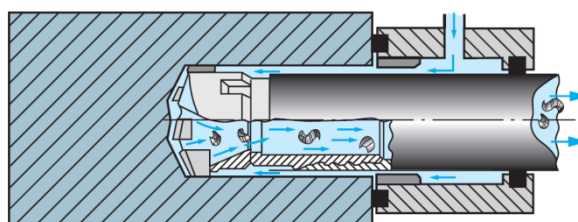
STS (Single Tube System, obr. 1.14) je systém, který využívá pouze jedné trubky, na kterou je našroubovávána vrtací hlavice obr. 1.15. Procesní kapalina je přiváděna mezi obrobek a trubkou. Procesní kapalina spolu s odebranou třískou je odváděna vnitřkem trubky obr. 1.16. U STS je vyžadován vysokotlaký přívod procesní kapaliny, který vede ke zlepšení utváření třísek, obzvláště u materiálů se špatným utvářením třísek, jako jsou například korozivzdorné oceli nebo nízkouhlíkové oceli. Tento systém se s výhodou využívá při velkosériové výrobě. Proti dělovému systému dosahuje až 6 krát větší produktivity [4].



Obr. 1.14 Systém STS vrtání [5].



Obr. 1.15 STS vrtací hlavice [8].



Obr. 1.16 Systém STS vrtání [5].



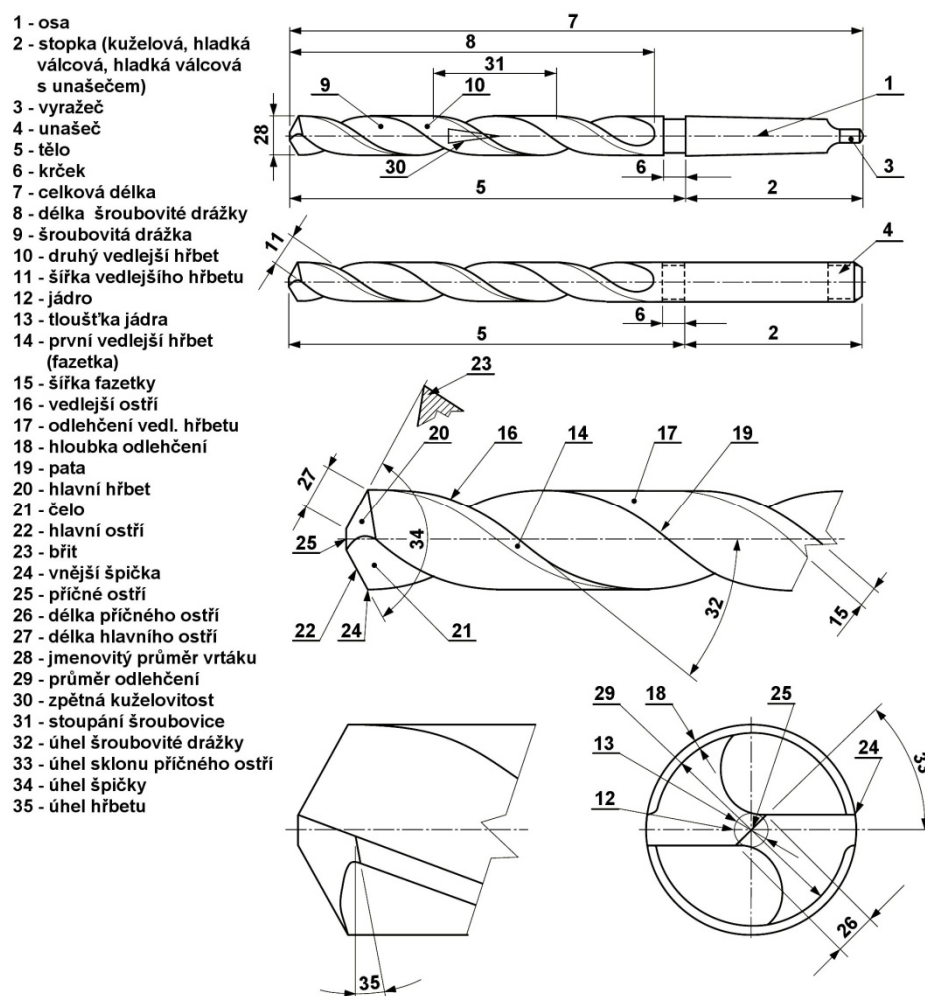
## 2 VRTACÍ NÁSTROJE

Vrtáky je možné rozdělit podle konstrukce, geometrie, druhu a technologie vrtání do několika skupin: [1]

- šroubovitě vrtáky,
- vrtáky s VBD,
- vrtáky s vyměnitelnou špičkou,
- kopinaté vrtáky,
- vrtáky pro vrtání hlubokých děr,
- středící vrtáky,
- korunkové vrtáky,
- vrtáky do plechu,
- odstupňované vrtáky,
- speciální sdružené nástroje.

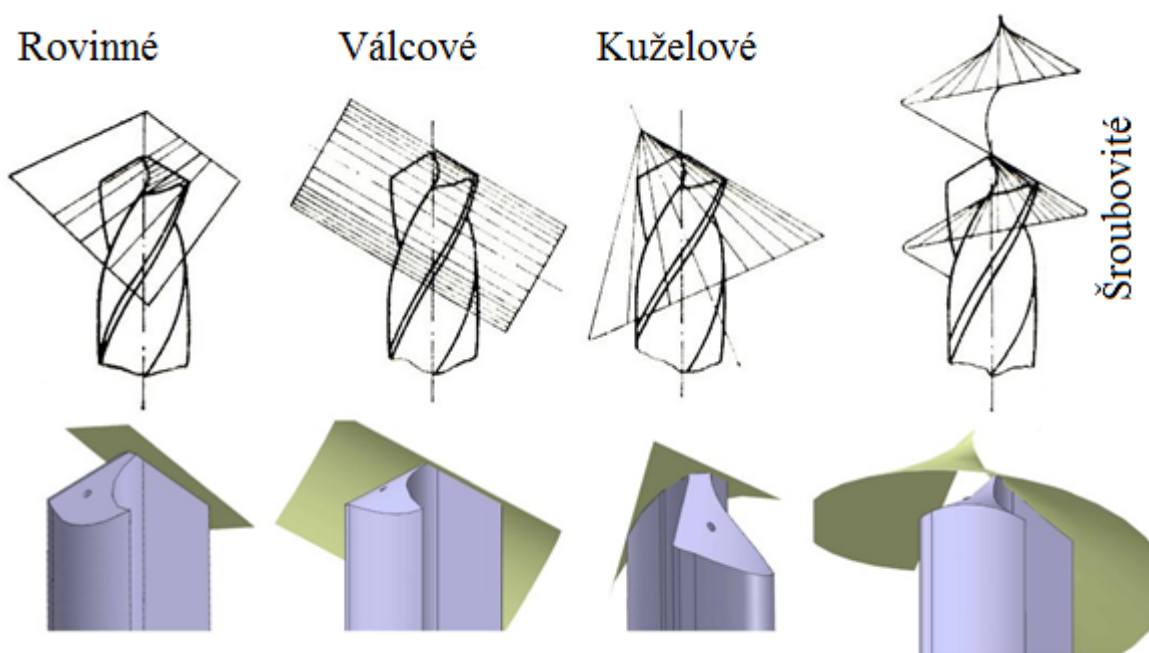
### 2.1 Šroubovitě vrtáky

Jedná se o nejběžnější typ vrtáku, jehož konstrukce je vidět na obr. 2.1. Vrták je vyráběn buď jako monolitní nástroj z rychlořezné oceli, nebo ze slinutého karbidu (SK) anebo s pájenými břitovými destičkami ze SK [1].



Obr. 2.1 Základní parametry šroubovitého vrtáku [1].

Šroubovitý vrták je tvořen válcovým tělem, na němž jsou vytvořeny zpravidla dvě protilehlé šroubovitě drážky pro odvod třísky z místa úběru materiálu. Úhel stoupání šroubovice drážky nástroje se volí dle obráběného materiálu. Nejmenší úhel stoupání šroubovice  $12^\circ \pm 5^\circ$  se volí pro tvrdší materiály s drobnou třískou, větší úhel  $27^\circ \pm 5^\circ$  pro materiály s obvyklou tvrdostí a největší úhel  $42^\circ \pm 5^\circ$  se využívá pro obrábění houževnatých materiálů. Z důvodu zmenšení tření mezi nástrojem a obrobkem je jmenovitý průměr vrtáku zachován pouze na úzké hřbetní fazetce a směrem ke stopce nástroje se tělo vrtáku mírně kuželovitě zužuje. Úhel špičky šroubovitěho vrtáku je stejně jako úhel stoupání šroubovice drážky závislý na obráběném materiálu. To znamená, že pro těžkoobrobitelné materiály je úhel špičky  $\varepsilon_r = 2 \cdot \kappa_r = 140^\circ$ , pro vrtání středně tvrdých nelegovaných ocelí je úhel roven  $118^\circ$  a pro vrtání do plastů, či tvrdých pryží se volí úhel špičky  $90^\circ$ . U šroubovitěho vrtáku se mění úhel čela i hřbetu podél hlavního ostří. Úhel čela se zmenšuje směrem od obvodu ke středu vrtáku. Úhel hřbetu a čela je bezprostředně ovlivněn podbroušením hlavních hřbetů obr. 2.2. Hlavní ostří nástroje jsou spojena příčným ostřím. Příčné ostří spolu s geometrií břitu a pracovními podmínkami v daném místě výrazně zvyšují krouticí moment a posuvovou sílu, což má za následek, že v ose vrtáku je materiál spíše vytlačován než odřezáván. Je tedy snahou co nejvíce minimalizovat příčné ostří, to je možné podbroušením hřbetních ploch nebo jiným konstrukčním řešením [1].



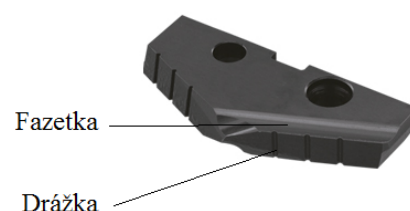
Obr. 2.2 Způsoby podbroušení hřbetních ploch šroubovitěho vrtáku [1].

## 2.2 Kopinaté vrtáky

Kopinaté vrtáky (obr. 2.3) mají tuhou, ale poměrně jednoduchou konstrukci. Využívají se hlavně pro vrtání do plna a tam, kde není požadována vysoká přesnost vrtané díry. VBD jsou vyrobeny buď ze SK nebo z rychlořezné oceli. VBD jsou opatřeny na hlavních hřbetech dělicími drážkami pro lepší dělení třísky a fazetkami pro snížení tření ve vrtané díře obr. 2.4 [1].



Obr. 2.3 Kopinatý vrták [9].



Obr. 2.4 VBD kopinatého vrtáku [9].

## 2.3 Vrtáky s vyměnitelnou špičkou

Tento druh vrtáků se vyrábí ve dvou konstrukčních variantách - s vyměnitelnou hlaví obr. 2.5 nebo s VBD ve tvaru špičky obr. 2.6. Špička (VBD i hlavice) je zpravidla vyrobena ze SK. Geometrie VBD a hlavice se odvíjí od obráběného materiálu [1].



Obr. 2.5 Vrták s vyměnitelnou hlaví [10].



Obr. 2.6 Vrták s vyměnitelnou špičkou ve formě VBD [11].



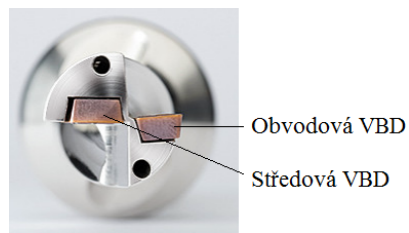
## 2.4 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami

Vrták s VBD (obr. 2.7) je opatřen VBD ze slinutého karbidu, ať už povlakovaného nebo nepovlakovaného. VBD jsou na těleso vrtáku nejčastěji připevněny pomocí šroubů se zapuštěnou hlavou, což umožňuje jejich snadnou výměnu. Jak již bylo zmíněno v kapitole 1, řezná rychlost podél hlavního ostří není konstantní. Tomuto negativnímu jevu se předchází tím, že jsou použity dva druhy vyměnitelných břitových destiček obr. 2.8. Na obvodu je použita VBD s větší odolností proti opotřebení, naproti tomu ve středu je VBD s menší odolností proti opotřebení. Toto uspořádání zajišťuje stejnou životnost obou destiček a je možné je vyměnit zároveň. Tyto vrtáky mohou pracovat nejen jako rotační nástroje, ale i jako stacionární nástroje při soustružení vnitřních či vnějších válcových ploch. U vrtáků, kde jsou břitové destičky upevněny k tělesu vrtáku pomocí speciálních

pouzder, je možné měnit jmenovitý průměr vrtáku. VBD pro vrtáky jsou navrhovány tak, aby dokázaly odolávat extrémním podmínkám, které při procesu vrtání vznikají.



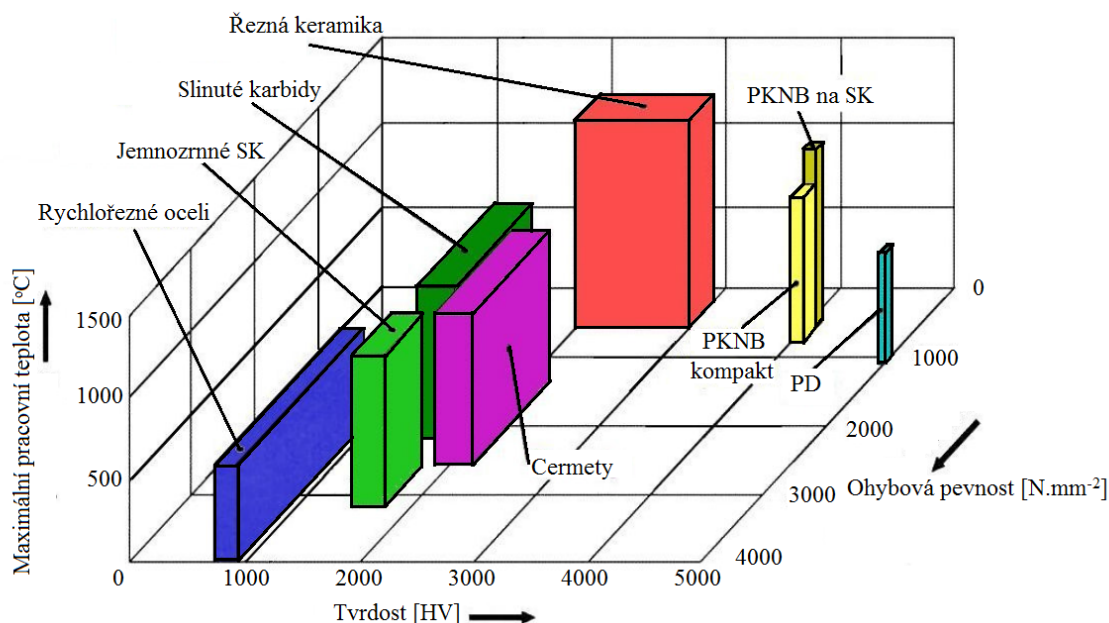
Obr. 2.7 Vrták s VBD [12].



Obr. 2.8 Umístění VBD [12].

### 3 MATERIÁLY PRO VRTACÍ NÁSTROJE

Výběr vhodného řezného materiálu je především závislý na jeho mechanických, chemických a fyzikálních vlastnostech. Jak je vidět z obr. 3.1, každý materiál má specifickou oblast využití. Tvrdé materiály jsou vhodné pro dokončovací operace, zatímco houževnatější materiály jsou vhodné spíše pro hrubovací operace.



Obr. 3.1 Vlastnosti nástrojových materiálů [13].

#### 3.1 Rychlořezné oceli

Rychlořezné oceli se využívají jako nástrojový materiál pro jejich specifické vlastnosti nutné při procesu obrábění. Rychlořezné oceli se vyznačují poměrně vysokou tvrdostí 60-66 HRC a odolností proti poklesu tvrdosti až do teplot 550-650°C. Rychlořezné oceli jsou vysoce legované oceli s obsahem uhlíku nad 0,7% C. Obvyklé složení rychlořezných ocelí: 0,75% C, 18% W, 4% Cr a 1% V. Pro snížení nákladů je možné snížit obsah wolframu na 10% při současném zvýšení obsahu V na 4%. Při potřebě zlepšení řezných vlastností se částečně nahrazuje W polovičním množstvím Mo nebo se do oceli přidá do 12% Co. Zlepšení kvality řezných vlastností však vede k nárůstu výrobních nákladů [14].

#### 3.2 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy je možné rozdělit z několika hledisek. Dle normy ČSN ISO 513 se slinuté karbidy rozdělují na nepovlakované a povlakované. Nepovlakované slinuté karbidy jsou pak dle stejné normy označovány symboly HW a HF. Symbolem HW se označují takové nepovlakované slinuté karbidy, které mají zrnitost  $\geq 1\mu\text{m}$ . Naopak, ty nepovlakované slinuté karbidy, které mají zrnitost  $< 1\mu\text{m}$  se označují symbolem HF. Obě tyto skupiny karbidů obsahují primárně karbid wolframu. Povlakované slinuté karbidy jsou označovány symbolem HC [15].

Dalším možným kritériem, podle kterého je možné rozdělit slinuté karbidy, je dle použití. Takto jsou slinuté karbidy děleny do šesti skupin - P, M, K, N, S, H. Jednotlivé

skupiny se pak dělí na podskupiny dle připojeného dvojčíslí. Například skupina M má podskupiny (M10, M15, M20, M25, M30, M35, M40). S rostoucím číslem se zvyšuje obsah pojícího prvku, což vede ke zvyšování pevnosti v ohybu, houževnatosti. Zároveň však dochází ke snižování tvrdosti a otěruvzdornosti [15].

Rozdělení dle použití: [15]

- Skupina **P** se označuje modrou barvou a je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku (např. uhlíkové oceli, slitinové oceli nebo feritické korozivzdorné oceli). Jejich typické chemické složení je WC (30-82)% + TiC (8-64)% + Co (5-17)% + (TaC, NbC).
- Skupina **M** se označuje žlutou barvou a je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou a střední třísku (např. lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli nebo tvárné oceli). Chemické složení těchto slinutých karbidů bývá obvykle WC (79-84)% + TiC (5-10)% + TaC, NbC (4-7) + Co (6-15)%.
- Skupina **K** je označována červenou barvou a je určena pro obrábění materiálů, které tvoří krátkou, drobnou třísku (např. šedé litiny, nezelezné slitiny nebo nekovové materiály). Obvyklé chemické složení je WC (87-92)% + Co (4-12)% + TaC, NbC.
- Skupina **N** je označována zelenou barvou a je určena pro obrábění materiálů jako jsou nezelezné kovy nebo slitiny hliníku a mědi.
- Skupina **S** je označována hnědou barvou a je určena pro obrábění speciálních žárupevných slitin na bázi Ni, Co, Fe a Ti.
- Skupina **H** je označována tmavě šedou barvou a je určena pro obrábění zušlechťených ocelí, kalených ocelí nebo tvrzených kokilových litin.

Slinutý karbid je produktem práškové metalurgie. Výroba slinutého karbidu se skládá z výroby prášku příslušných karbidů a kovového pojiva, jejich mísení v předepsaném poměru, lisování polotovaru, slinování, tvarování polotovaru a případně povlakování. Mezi nejdůležitější karbidy patří WC, TiC, TaC a NbC a jako pojivo se nejčastěji využívá Co. Vlastnosti slinutých karbidů závisí především na jejich chemickém složení.

### 3.2.1 Povlakované slinuté karbidy

V dnešní době jsou známy dvě základní metody pro povlakování slinutých karbidů. Je to metoda PVD (Physical Vapour Deposition) a metoda CVD (Chemical Vapour Deposition). Tyto metody mají různé modifikace, které vedou ke zlepšování povlakovacího procesu. Aby se ještě lépe využilo vlastností povlaků, nanášejí se v po sobě následujících vrstvách anebo v takzvaných multivrstvách. Multivrstvý povlak se skládá z mnoha tenkých povlaků v řádu nanometrů, což vede k navýšení tvrdosti.

#### 3.2.1.1 Metoda PVD

Jak již bylo zmíněno metoda PVD probíhá za poměrně nízkých teplot, proto ji lze s výhodou využít nejen pro povlakování slinutých karbidů, ale i pro povlakování rychlořezných ocelí. Proces povlakování metodou PVD spočívá v postupném odpařování kovu, který reaguje nejčastěji s dusíkem a na povrchu povlakovaného nástroje vzniká tvrdá, v tomto případě nitridová vrstva. Tloušťka vrstvy povlaku bývá do 5 μm [16, 17].



Povlaky vytvořené touto metodou mají hned několik fyzikálních a chemických předností. Zvyšují otěruvzdornost, která zvyšuje životnost nástroje. Tento druh povlaků také zlepšuje tepelnou odolnost nástroje, proto jsou tyto nástroje schopny odolávat teplotám až 800°C. Vnitřní tlaková pnutí zvyšují houževnatost břitů. Další výhodou je zvýšení korozivzdornosti a snížení třecího odporu [17, 18].

Základními typy povlaků jsou TiN, TiAlN, TiCN, popřípadě Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. TiN je nejstarší a nejběžnější druh povlaku. Tento povlak zlaté barvy dosahuje mikrotvrdosti 20-25 GPa. Vyznačuje se dobrou adhezí k povrchu nástroje a jeho použití je velmi univerzální. Dalším velmi používaným povlakem je TiAlN, tento druh povlaku má růžovo-fialovou až černo-šedou barvu. Jeho mikrotvrdost je 25-33 GPa. To znamená, že dosahuje vyšší mikrotvrdosti než TiN a zároveň má velmi dobrou odolnost proti vysokým teplotám. Další výhodou TiAlN je, že se na povrchové vrstvě vytváří Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, jež přispívá k dalšímu zlepšení rezných vlastností. Povlak TiCN dosahuje velmi vysoké mikrotvrdosti 30-40 GPa, která je však kompenzována problematickým utvářením rovnoměrné vrstvy. Dnes je možné metodou PVD nanášet i povlak Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, který se vyznačuje velmi dobrou chemickou stabilitou, odolností proti oxidaci a tvrdostí za tepla [15, 17, 18].

### 3.2.1.2 Metoda CVD

CVD povlak vzniká při chemické reakci plynných látek v plazmě, v teplotním intervalu 700-1050°C. Produkty této reakce ulpívají na povrchu a vytvářejí CVD povlak [17].

S touto metodou je možné vytvářet povlaky o tloušťce až 13 μm. CVD povlaky přispívají ke zvýšení otěruvzdornosti, teplotní odolnosti, korozivzdornosti a ke snížení třecího odporu. Další výhodou této metody je výborná adheze povlaku k podkladovému materiálu a možnost povlakování tvarově složitých povrchů. Nevýhodou je nemožnost povlakovat ostré hrany, vznik zbytkových tahových napětí v povlaku a tepelné ovlivnění materiálu [16].

K základním povlakům patří TiN, TiC, TiCN a Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. TiC má velmi vysokou tvrdost, ale špatnou chemickou stabilitu, odolnost proti oxidaci a tvrdost za tepla. Diamantové povlaky se vyznačují velmi vysokou mikrotvrdostí a velmi nízkým koeficientem tření. Nevýhodou diamantového povlaku je nevhodnost pro obrábění ocelí [15].

### 3.3 Cermety

Název CERMET vznikl složením slov keramika (CERamic) a kov (METal). Tato skupina je dle normy ČSN ISO 513 označována symbolem HT. Jedná se o slinuté rezné materiály, které se skládají z tvrdé fáze na bázi Ti a z pojiva. Tvrdá fáze je nejčastěji tvořena TiC, TiN a TiCN. Jako pojivo se využívá Co, Ni, popřípadě Mo [15, 19].

Vlastnosti cermetů závisejí na jejich chemickém složení, to znamená na obsahu a zrnitosti tvrdé fáze, na obsahu pojiva a také na obsahu takzvaných sekundárních karbidů (např. TaC, NbC). S rostoucím obsahem TiC roste zároveň tvrdost cermetů. Houževnatost cermetů lze zvýšit větším obsahem pojivového prvku a TiN. Sekundární fáze přispívá ke zvýšení odolnosti, proti plastické deformaci a tvoření teplotních trhlin. Obecně lze říci, že cermety mají vysokou odolnost proti opotřebení hřbetu a opotřebení čela, vysokou chemickou stálost a tvrdost za tepla, malý sklon k vytváření nárustků a oxidačnímu opotřebení. Tyto skutečnosti vedou k užití cermetů především pro dokončovací operaci s malým úběrem materiálu a velkými reznými rychlostmi [3, 19].

### 3.4 Řezná keramika

Řeznou keramiku lze rozdělit do dvou skupin, konkrétně na oxidovou keramiku (na bázi  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) a na keramiku nitridovou (na bázi  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Oxidovou keramiku lze pak dále dělit na keramiku čistou, směsnou a vyztuženou [3].

Dlouhou dobu se řezná keramika jako materiál pro vrtací nástroje nedala použít díky malé odolnosti při namáhání v krutu a v ohybu. Dalším důvodem bylo problematické broušení geometrie břitu, avšak výborné řezné vlastnosti keramiky vedly výrobce k optimalizaci a vývoji nových druhů keramik, které jsou schopny odolávat těmto nepříznivým podmínkám. Například firma Gühring vyrábí z nitridové keramiky vrtáky v rozsahu průměrů 5-12 mm [19].

#### 3.4.1 Oxidová keramika

Čistá keramika má poměrně špatné mechanické vlastnosti (nízkou pevnost, nízkou houževnatost a nízkou tepelnou vodivost). Přidáním Zr je možné zvýšit houževnatost a tím i možnost využití [3].

Směsná keramika je vyztužena částicemi TiC nebo TiCN, jejichž obsah se pohybuje mezi 20-40%. Tyto tvrdé částice zlepšují tepelnou vodivost a tím pádem i zmenšují pravděpodobnost lomu, zlepšují odolnost proti tepelnému šoku a také zvyšují houževnatost [3].

Vyztužená keramika obsahuje tzv. whiskery neboli vlákna. Whiskery SiC nebo  $\text{Si}_3\text{N}_4$  jsou přidávána do základní matrice a razantně zvyšují houževnatost, pevnost v tahu, odolnost proti tepelnému šoku, odolnost proti opotřebení a tvrdost za tepla. Podíl whiskeru se pohybuje kolem 30% [3, 15].

#### 3.4.2 Nitridová keramika

Nitrid křemíku má dvě krystalové strukturní modifikace  $\alpha$  a  $\beta$ . Obě tyto modifikace mají odlišné mechanické vlastnosti.  $\alpha$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$  je tvrdší, ale má menší lomovou houževnatost než  $\beta$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$  [15].

Sialon má obecné složení  $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ , kde  $z$  je počet atomů kyslíků, kterými je nahrazen dusík. Sialon má podobné mechanické vlastnosti jako  $\beta$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$ , ale je navíc teplotně stabilní [15].

### 3.5 Supertvrde materiály

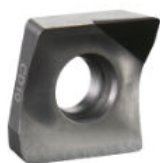
Mezi supertvrde materiály řadíme diamant a kubický nitrid boru (KNB). Diamant i KNB jsou jako nástrojové materiály využívány ve své polykrystalické formě. To znamená, že jednotlivé krystaly jsou spojené do kompaktního tělesa pomocí pojiv. VBD ze super tvrdých řezných materiálů jsou vyráběny ve dvou základních konstrukčních variantách. Nejběžnější je varianta, u které je na podložku ze SK nanесena nebo připájena silná vrstva polykrystalického kubického nitridu boru (PKNB) nebo polykrystalického diamantu (PKD). Druhou variantou je monolitní destička, která je však vyráběna pouze z PKNB. Konstrukce s připájeným roubíkem ve vybrání ve SK je vidět na obr. 3.2. Dalším konstrukčním řešením je technologie Safe-Lok™ od firmy Sandvik Coromant. U této technologie je špička z PKNB připájena na nosič ze SK obr. 3.3 [15, 17].

PKD je označován dle ČSN ISO 513 značkou DP. Jedná se o nejtvrdší používaný řezný materiál, který dokáže odolávat velkému abrazivnímu opotřebení. Tento zdánlivě ideální řezný materiál má svá úskalí v použití. Nesmí být používán pro obrábění materiálů



na bázi železa díky tomu, že uhlík má velkou afinitu k železu a za zvýšených teplot by docházelo k difuzi mezi nástrojem a obráběným materiálem. Důsledkem by bylo velmi rychlé opotřebení. Další nevýhodou je nízká teplotní stabilita, proto musí být používán do teplot kolem 600C°. PKD se používá převážně pro obrábění neželezných kovů (Al a jeho slitiny, Cu a její slitiny, atd.) nebo pro obrábění nekovových materiálů [15].

KNB je materiál, který si zachovává velmi vysokou tvrdost i za vysokých teplot. Je tvrdší a houževnatější než keramika, ale má menší chemickou a tepelnou odolnost. Na rozdíl od PKD je možné obrábět i materiály na bázi Fe. KNB se používají pro obrábění materiálů s tvrdostí nad 45 HRC (kalené nástrojové oceli do 65 HRC, tvrzené litiny). Při obrábění měkčích materiálů dochází ke značnému opotřebování břitu otěrem [15].



Obr. 3.2 PKD roubík na SK nosiči [20].



Obr. 3.3 Technologie Safe-Lok™ [21].

## 4 VRTACÍ NÁSTROJE V SORTIMENTU VÝROBY NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOMÁCÍCH A SVĚTOVÝCH PRODUCENTŮ NÁSTROJŮ

K analýze sortimentu vrtacích nástrojů byly vybrány dvě firmy, jedna tuzemská - Pramet Tools a jedna zahraniční - Sandvik Coromant. Z jejich sortimentu vrtacích nástrojů byly k analýze vybrány vrtací nástroje s VBD.

### 4.1 Pramet Tools

Vrtáky s VBD firmy Pramet Tools jsou vyráběny v širokém rozsahu průměrů a pro různé hloubky vrtání. S využitím vyosovacího pouzdra je možné měnit jmenovitý průměr vrtáku v rozsahu -0,2 mm až +0,5 mm. Vrtáky s VBD jsou osazeny dvěma druhy VBD, jak je zmíněno v kapitole 2.4, každá z těchto destiček má u firmy Pramet Tools čtyři bříty [22].

Struktura označení vrtacích nástrojů s VBD (tab. 4.1) je složena z 9 částí, jejichž význam je vysvětlen v tab. 4.2. Čtvrtá skupina se u vrtáků s VBD vynechává z důvodu toho, že přívod procesní kapaliny je u těchto vrtáků vždy vnitřní [22].

Tab. 4.1 Označení vrtáků [22].



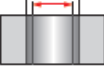


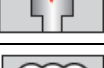

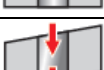
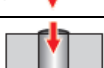
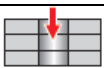
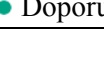
1	2	3	4	-	5	-	6	-	8	9
8	03	D		-	41	-	123	-	S	40

Tab. 4.2 Popis označení [22].

Pořadové číslo v označení	Význam pořadového čísla	Označení	Význam označení
1	Druh vrtáku	8	Vrtáky s VBD
2	Pracovní délka	0X	X označuje násobek průměru vrtáku
3	Vrták	D	Vrták
4	-	-	-
5	Řezný průměr	X	X označuje velikost řezného průměru [mm]
6	Max. hloubka vrtání	X	X označuje max. hloubku vrtání [mm]
8	Typ stopky	S	ISO 9766
9	Průměr stopky	X	X označuje průměr stopky [mm]

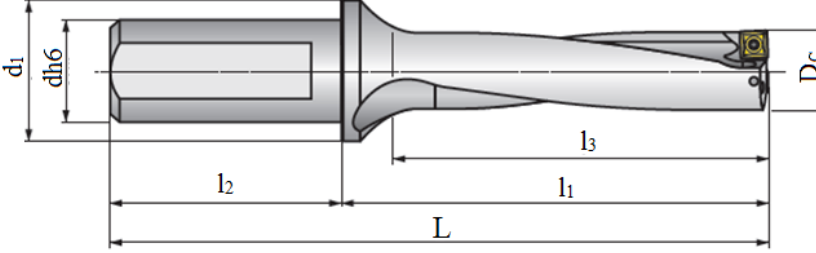
Výběr vrtacího nástroje závisí nejen na obráběném materiálu, ale i na tvaru obráběné plochy. Tab. 4.3 ukazuje různé tvary obráběných ploch a vhodnost vrtáku pro danou operaci.

Tab. 4.3 Vrtací operace [22].


Symbol	Popis	Vhodnost
	Vrtání slepé díry	●
	Vrtání průchozí díry	●
	Nastavitelný průměr vrtáku	●
	Vrtání do předvrtaného středícího důlku	●
	Vrtání napříč stávající díry	●
	Zvětšování předpřipravené díry	●
	Přerušovaný řez nebo ponorné vrtání	●
	Vrtání do zakřiveného povrchu	●
	Vrtání do zkoseného povrchu	●
	Vrtání přes svar	○
	Vrtání do naskládaných materiálů	○
● Doporučené použití      ○ Možné použití      ○ Nedoporučuje se		

Sortiment vyráběných vrtáků s VBD lze rozdělit do 4 skupin, podle jejich pracovní délky. Pracovní délka je přímo závislá na průměru vrtáku  $D$ . Jedná se tedy o vrtáky s pracovní délkou 2D, 3D, 4D a 5D tab. 4.4.

Tab. 4.4 Sortiment vrtáků s VBD [22].

Schematický obrázek vrtáku				
Typ	<b>2D</b>	<b>3D</b>	<b>4D</b>	<b>5D</b>
Tolerance vrtáku [mm]	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$
Stupeň přesnosti díry [mm]	0/+0,2	0/+0,3	0/+0,4	0/+0,5
Drsnost povrchu Ra [ $\mu\text{m}$ ]	2-6	2-6	2-6	2-6
Rozsah $D_c$ [mm]	15-40	15-58	17-58	19-31

Tab. 4.4 Pokračování.

Typ	2D	3D	4D	5D
Rozsah h [mm] 	30-80	45-174	68-232	95-155
Rozsah L [mm]	121-183	136-270	149-327	176-240
Rozsah l <sub>1</sub> [mm]	65-115	80-200	93-257	120-180
Rozsah l <sub>2</sub> [mm]	56-68	56-70	56-70	56-60
Rozsah l <sub>3</sub> [mm]	34,5-90	49,5-186	73-244,5	100,5-163
Rozsah dh <sub>6</sub> [mm]	25-40	25-40	25-40	25-32
Rozsah d <sub>1</sub> [mm]	45-59	45-58	35-58	35-42

Pramet Tools nabízí ve svém sortimentu čtyři třídy materiálů, z nichž jsou zhotoveny VBD pro vrtání (tab. 4.5).

Tab.4.5 Třídy materiálů pro VBD [23, 24].

Označení	Popis a použití
<b>D8330</b>	Slinutý karbid s nano-vrstevnatým PVD povlakem s gradientními přechody pro obvodové VBD. Jedná se o submikrometrový substrát s poměrně vysokým obsahem Co a s dobrou odolností proti vrubovému opotřebení na hlavním břitu. Vhodný pro ztížené řezné podmínky a pro střední řezné rychlosti. Aplikační oblasti P25-P40, M20-M35, K20-K40, S15-S25 a podmíněně N15-N25.
<b>D9335</b>	Slinutý karbid s nano-vrstevnatým PVD povlakem s gradientními přechody pro středové VBD. Jedná se o submikrometrový substrát s poměrně vysokým obsahem Co. Dobrá odolnost proti vrubovému opotřebení na hlavním břitu. Vhodný pro nižší až střední řezné rychlosti a pro přerušovaný řez či nestabilní záběrové podmínky. Aplikační oblasti P30-P45, M20-M40, K20-K40, S20-S30 a podmíněně N20-N30.
<b>D8345</b>	Slinutý karbid s tenkým MTCVD povlakem opatřeným vrstvou Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> pro obvodové VBD. Jedná se o funkčně gradientní substrát s poměrně vysokým obsahem Co. Vhodný pro stabilní řezné podmínky a pro střední až vysoké řezné rychlosti. Aplikační oblasti P25-P40, M20-M35, K20-K40 a podmíněně S15-S25, N15-N25.
<b>6640</b>	Velmi houževnatý slinutý karbid z MTCVD povlakem. Používaný pro obvodové VBD. Vhodný pro zhoršené záběrové podmínky. Aplikační oblasti P20-P40 a podmíněně M20-30, K20-K35, S15-S25.

## 4.2 Sandvik Coromant

Firma Sandvik Coromant patří k předním světovým výrobcům vrtacích nástrojů. Jejich produkty pokrývají široké spektrum průměrů a hloubek obráběných děr. Vrtáky s VBD jsou osazeny vnější a vnitřní VBD, které mají buď dva, nebo čtyři břity. Ze sortimentu výroby byly vybrány vrtáky se stopkou dle ISO 9766 [25].

### 4.2.1 Sortiment výroby

Firma Sandvik Coromant vyrábí pro vrtání čtyři řady vrtáků s VBD. Konkrétně se jedná o řady CoroDrill 880, CoroDrill 881, Coromant U a T-Max U. Řady CoroDrill 880 a CoroDrill 881 mají relativně univerzální použití, zatímco Coromant U a T-Max U jsou jednoúčelové vrtací nástroje. Coromant U se využívá při takzvaném ponorném vrtání. Ponorné vrtání je hrubovací operace, která spočívá v opakovaných axiálních řezech, jež vedou ke zhotovení hlubší díry. Pro obrábění děr ve svazku materiálu slouží řada T-Max U. Použití této řady je však pouze pro materiály P a M [25, 26, 27].

#### 4.2.1.1 CoroDrill 880

Příklad označení je uveden v tabulce 4.6. Význam jednotlivých částí označovacího kódu je v tab. 4.7.

Tab. 4.6 Označení vrtáku [25].







1	-	2	3	-	4
880	-	D1200	L20	-	02

Tab. 4.7 Popis označení.

Pořadové číslo v označení	Význam pořadového čísla	Označení	Význam označení
1	Řada vrtáku	880	Vrták s VBD CoroDrill
2	Jmenovitý průměr vrtáku	DX	X je průměr vrtáku [mm]
3	Průměr stopky	LX	X je průměr stopky [mm]
4	Pracovní délka	0X	X označuje násobek průměru vrtáku

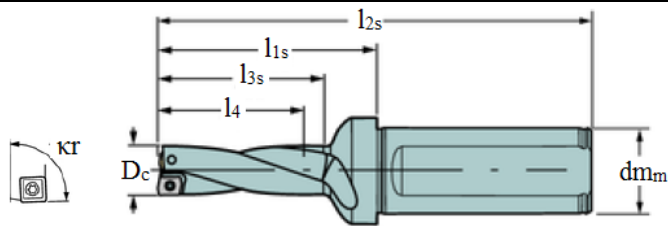
Tento typ vrtáku je zejména vhodný pro operace uvedené v tab. 4.8.

Tab. 4.8 Vrtací operace [25].

Symbol	Popis	Vhodnost
	Všeobecné vrtání	• • •
	Skloněný povrch	• • •
	Křížící se díry	• • •
	Ponorné vrtání	• • •
	Radiální seřizení	• • •
	Vyvrtávání	• • •
<div> <span>• • • Velmi dobré</span> <span>• • Dobré</span> <span>• Vyhovující</span> </div>		

Vrtáky řady CoroDrill 880 jsou vyráběny ve 4 variantách pracovních délek ( $l_4$ ) od 2D do 5D (tab. 4.9) [25].





Tab. 4.9 Sortiment výroby vrtáku CoroDrill 880 [25].

Schematický obrázek vrtáku					
		Pro: $D_c$ 12,00-13,99 mm $\kappa_r$ 79° $D_c$ 14,00-58,00 mm $\kappa_r$ 88°			
Typ		2D	3D	4D	5D
Tolerance $D_c$ [mm]	$D_c$ [mm] 12-43,99	0/+0,25	0/+0,25	0/+0,40	0/+0,40
	$D_c$ [mm] 44-52,99	0/+0,28	0/+0,28	0/+0,43	-
	$D_c$ [mm] 53-63,00	0/+0,30	0/+0,30	0/+0,45	-
Tolerance díry [mm]	$D_c$ [mm] 12-43,99	0/+0,20	0/+0,20	+0,04/+0,24	0,04/+0,24
	$D_c$ [mm] 44-52,99	0/+0,25	0/+0,25	+0,04/+0,29	-
	$D_c$ [mm] 53-63,00	0/+0,28	0/+0,28	+0,04/+0,32	-
Drsnost povrchu $R_a$ [μm]		1-5	1-5	1-5	1-5
Rozsah $D_c$ [mm]		12-63	12-63	12-58	12-43
Rozsah $l_4$ [mm]		24-126	36-189	48-232	60-215
Rozsah $l_{2s}$ [mm]		89-246	101-309	113-358	125-331
Rozsah $l_{1s}$ [mm]		39-176	51-239	63-278	75-251
Rozsah $l_{3s}$ [mm]		27-133	39-196	51-238	63-220
Rozsah $dm_m$ [mm]		20-40	20-40	20-50	20-50

#### 4.2.1.2 CoroDrill 881

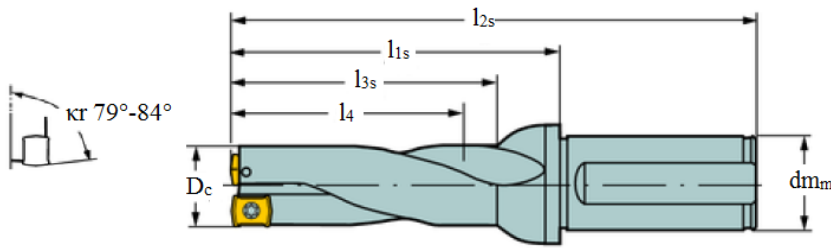
Způsob označování tohoto vrtáku je velmi podobný s CoroDrill 880, liší se pouze prvním trojčíslím, které u této řady je 881. Tyto vrtáky jsou osazeny VBD, které mají dva břity. Využití této řady je zobrazeno v tab. 4.10. CoroDrill 881 se s výhodou používá ve stacionárních operacích a v nestabilních podmínkách, díky své robustní konstrukci [25].

Tab. 4.10 Vrtací operace [25].

Symbol	Popis	Vhodnost
	Skloněný povrch	• • •
	Křížící se díry	• • •
	Ponorné vrtání	• • •
	Radiální seřizení	• • •
• • • Velmi dobré      • • Dobré      • Vyhovující		

Sortiment výroby těchto vrtáků je, co se týče typů, stejný jako u CoroDrill 880, avšak je zde znatelný menší rozsah jmenovitých průměrů vrtáků tab. 4.11.

Tab. 4.11 Sortiment výroby vrtáků CoroDrill 881 [25].

Schematický obrázek vrtáku				
	Typ	2D	3D	4D
Tolerance D <sub>c</sub> [mm]	±0,15	±0,15	±0,2	±0,2
Tolerance díry [mm]	-0,1/+0,3	-0,1/+0,3	-0,1/+0,4	-0,1/+0,4
Drsnost povrchu Ra [μm]	1-5	1-5	1-5	1-5
Rozsah D <sub>c</sub> [mm]	14-23	14-23,5	14-23	14-23
Rozsah l <sub>4</sub> [mm]	28-46	42-71	56-92	70-116
Rozsah l <sub>2s</sub> [mm]	95-125	108-149	122-170	122-194
Rozsah l <sub>1s</sub> [mm]	44-69	58-93	72-113	86-138
Rozsah l <sub>3s</sub> [mm]	31-50	45-74	59-95	73-119
Rozsah d <sub>m</sub> [mm]	20-25	20-25	20-25	20-25

#### 4.2.2 Materiály pro VBD

V sortimentu tříd materiálů pro VBD byli vybrány třídy, které Sanvik Coromant doporučuje jako první volbu pro vrtací nástroje (tab. 4.12).

Tab. 4.12 Třídy materiálů pro VBD [25].

Označení	Popis a použití
<b>GC4044</b>	Slinutý karbid s PVD povlakem pro obvodové VBD. Vyznačuje se vynikající houževnatostí břitu a odolností proti tvorbě nárůstku. Je vhodný pro aplikační oblasti P25-P50 a K10-K35. Dále je doporučován pro obvodové VBD v aplikačních oblastech N10-N30, S20-S35, H10-H30 a M20-M40 (zde jako doplňková volba).
<b>GC4024</b>	Slinutý karbid s MTCVD povlakem pro obvodové VBD. Vyznačuje se velmi vysokou houževnatostí a odolností proti opotřebení. Vhodný pro střední až velmi vysoké řezné rychlosti. Je doporučován pro aplikační oblasti P10-P35, M10-M35 a H05-H25.
<b>GC2044</b>	Jemnozrný slinutý karbid s oxidickým PVD povlakem pro obvodové VBD. Dobrá odolnost proti tvorbě nárůstku na břitu. Hlavní aplikační oblast M20-M40, alternativní aplikační oblast S20-S40.
<b>GC1144</b>	Jemnozrný slinutý karbid s oxidickým PVD povlakem pro středové VBD. Dobrá odolnost proti tvorbě nárůstku na břitu. Hlavní aplikační oblast M20-M40, alternativní aplikační oblast S20-S40.
<b>GC1044</b>	Slinutý karbid s PVD povlakem pro středové VBD. Tato třída se vyznačuje vysokou houževnatostí a dobrou odolností proti tvorbě nárůstku. Ideální pro malé až střední řezné rychlosti. Aplikační oblasti P25-P40, M20-M40, K10-K35, N10-N30, S20-S35 a H10-H30.
<b>H13A</b>	Nepovlakovaný slinutý karbid, vhodný pro obvodové i středové VBD. Ideální pro malé až střední řezné rychlosti s dobrou ostrostí břitu, houževnatostí a odolností proti opotřebení. Hlavní aplikační oblast N10-N25 a doplňková aplikační oblast S15-S25.

## ZÁVĚR

Vrtání je technologický proces, který se potýká s obtížnými podmínkami při úběru materiálu a odvodu třísky. Metoda vrtání pravděpodobně nikdy nebude nej přesnější obráběcí metodou, ale i nadále bude mít nezastupitelnou funkci v oblasti obrábění dř.

V dnešní době existuje celá řada druhů vrtáků. Výběr vhodného vrtacího nástroje je závislý na celé řadě faktorů - druh obráběného materiálu, řezná rychlost, posuvová rychlost, otáčky nástroje, atd. Obecně je snahou firem co možná nejvíce zefektivnit svoji výrobu. To znamená vyrobít co nejvíce výrobků za co nejkratší dobu a za co nejmenší náklady. Ve strojírenství to znamená především snižovat strojní časy, což jde ruku v ruce s většími požadavky na nástroje, jak z hlediska konstrukčního tak materiálového. To vede výrobce vrtacích nástrojů k začleňování moderních a velmi progresivních řezných materiálů do sortimentu své výroby. Dá se předpokládat, že tento trend bude pokračovat i nadále.

Výrobci vrtacích nástrojů nejsou zdaleka jen Sandvik Coromant a Pramet Tools, ale výrobou těchto obráběcích nástrojů se zabývají i další renomované firmy, jako jsou - Iscar, Walter, Seco Tools nebo Gühring.

Firma Sandvik Coromant je švédský výrobce obráběcích nástrojů s velkou tradicí, která se datuje již od roku 1942. Firma zaměstnává kolem 8000 pracovníků a má zastoupení ve 130 zemích světa. V jejich nabídce se nacházejí produkty pro oblast soustružení, vrtání, frézování a upínání nástrojů. Ve výrobě vrtacích nástrojů patří bezesporu ke světové špičce. Ve svém sortimentu výroby má vrtáky s hloubkou vrtání 2D až 5D, ale i vrtáky pro vrtání hlubokých děr. Ve srovnávané třídě vrtáků s VBD nabízí čtyři řady vrtáků - univerzální CoroDrill 880 a CoroDrill 881, pro ponorné vrtání je to řada Coromant U a pro vrtání ve svazku materiálu je to T-Max U.

Česká firma Pramet Tools se sídlem v Šumperku se v poslední době zaměřuje na export, který tvoří až 60% celkového obrátu. Své zákazníky nachází v přibližně 50 zemích světa a své dceřiné společnosti má umístěny v 9 státech. Sortiment firmy Pramet Tools je v oblasti soustružení, frézování, vrtání a upínání nástrojů. Tato česká firma nenabízí tak široký sortiment obráběcích nástrojů jako druhá srovnávaná firma. V oblasti vrtacích nástrojů s VBD nabízí jednu řadu vrtáků v rozsahu hloubky vrtání 2D až 5D.

Vrtáky s VBD jsou vyráběny od průměru 12 mm u firmy Sandvik Coromant, respektive 15 mm u firmy Pramet Tools. Vrtáky s VBD firmy Pramet Tools jsou univerzální s velmi dobrou tolerancí vrtáku. Naopak vrtáky CoroDrill 880 a CoroDrill 881 se vyznačují trochu horšími tolerancemi vrtáku, ale drsnost obrobené plochy je lepší. V možnostech obrábění různých druhů materiálů jsou obě firmy srovnatelné, avšak v sortimentu tříd slinutých karbidů pro VBD má širší výběr firma Sandvik Coromant.



**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] HUMÁR, Anton. *Technologie I - Technologie obrábění - 2. část* [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Brno: VUT-FSI, Ústav strojírenské technologie. 2004. [vid. 2014-03-04]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf).
- [2] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *TechnicalGuide* [online]. [vid. 2010-03-04]. Dostupné z: [http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/tech\\_guide/ENG/MTG\\_E.PDF](http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/tech_guide/ENG/MTG_E.PDF)
- [3] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. české vyd. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, s.r.o., c1997. ISBN 91-972-2994-6.
- [4] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *CoroKey 2010* [online]. [vid. 2014-03-14]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/cs-cz/corokey\\_2010.pdf](http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/cs-cz/corokey_2010.pdf)
- [5] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *Vrtání hlubokých děr* [online]. [vid. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/en-gb/c-1202-1.pdf>
- [6] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *Dělové vrtáky* [online]. [vid. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/gundrills/Pages/default.aspx>
- [7] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *CoroDrill 800* [online]. [vid. 2014-03-20]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corodrill\\_800/Pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corodrill_800/Pages/default.aspx)
- [8] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *CoroDrill 801* [online]. [vid. 2014-03-20]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corodrill\\_801/Pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corodrill_801/Pages/default.aspx)
- [9] ARNO-Werkzeuge USA LLC. *ARNO SHARK-Drill®* [online]. [vid. 2014-03-20]. Dostupné z: <http://arnousa.com/products/drilling/drilling/detail/shark-drill.html>
- [10] SECO TOOLS CZ s.r.o. Brno. *Crownloc® Plus* [online]. [vid. 2014-04-02]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/cs/Global/Products/Holemaking/Drilling/Crownloc-Plus/>
- [11] ARNO-Werkzeuge USA LLC. *SHARK-Drill* [online]. [vid. 2014-04-02]. Dostupné z: <http://arnousa.com/products/drilling/drilling/detail/shark-drill-2.html>

- [12] ARNO-Werkzeuge USA LLC. *ARNO AKB* [online]. [vid. 2014-04-02].  
Dostupné z: <http://arnousa.com/products/drilling/drilling/detail/arno-akb.html>
- [13] ZÄH, M., REINHART, G. *Grundlagen der Entwicklung und Produktion*. Vorlesungsskript, Wintersemester 04/05. TU München. [online]. [vid. 2001-03-30].  
Dostupné z: [http://www.iwb.tum.de/img/iwb\\_/MitarbeiteALT/clarke/GEP\\_Skript\\_iwb\\_Teil.pdf](http://www.iwb.tum.de/img/iwb_/MitarbeiteALT/clarke/GEP_Skript_iwb_Teil.pdf)
- [14] PLUHARĚ, Jaroslav a kol. *Nauka o materiálech*. Praha: SNTL, 1989, ISBN 04-205-89.
- [15] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM Publishing, s.r.o., 2008. ISBN 978-80-2542250-2.
- [16] HUMÁR, Anton, DANG, V.H. Trendy v povlakování slinutých karbidů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [vid. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/trendy-v-povlakovani-slinutych-karbidu.html>.
- [17] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *Povlakovaný slinutý karbid* [online]. [vid. 2014-04-15]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/coated\\_cemented\\_carbide/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/coated_cemented_carbide/pages/default.aspx)
- [18] VODIČKA, Miloš. Současnost a trendy povlakování technologií pvd. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [vid. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/soucasnost-a-trendy-povlakovani-technologie-pvd.html>
- [19] NOVÁK, Zdeněk. Výkonné vrtací nástroje, vysoká produktivita obrábění. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [vid. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vykonne-vrtaci-nastroje-vysoka-produktivita-obrabeni-2-2.html>
- [20] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *Polykrystalický diamant* [online]. [vid. 2014-04-17]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/polycrystalline\\_diamond/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_diamond/pages/default.aspx)
- [21] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *Polykrystalický kubický nitrid bóru* [online]. [vid. 2014-04-17]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/polycrystalline\\_cubic\\_boron\\_nitride/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_cubic_boron_nitride/pages/default.aspx)
- [22] PRAMET TOOLS, s.r.o. *Obrábění děr* [online]. [vid. 2014-05-02].  
Dostupné z: <http://www.pramet.com/download.php?id=604>
- [23] PRAMET TOOLS, s.r.o. *Nové výrobky* [online]. [vid. 2014-05-10].  
Dostupné z: <http://www.pramet.com/download.php?id=525>

- [24] PRAMET TOOLS, s.r.o. *Vrtání* [online]. [vid. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.ilkametal.cz/sortiment/pramet/katalogy/Drills%202011%20CZ-EN%20screen.pdf>
- [25] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *Rotační nástroje* [online]. [vid. 2014-05-02]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/cs-cz/rotating/rot\\_e.pdf](http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/cs-cz/rotating/rot_e.pdf)
- [26] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *Coromant U* [online]. [vid. 2014-05-07]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coromant\\_u/Pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coromant_u/Pages/default.aspx)
- [27] SANDVIK COROMANT SVERIGE AB. *Vrták T-Max U pro vrtání ve svazku* [online]. [vid. 2014-05-07]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/t-max\\_u\\_stack\\_drill/Pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/t-max_u_stack_drill/Pages/default.aspx)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Popis
$A_d$	$[\text{mm}^2]$	celkový průřez třísky
$D$	$[\text{mm}]$	průměr obráběné díry
$D_C$	$[\text{mm}]$	průměr vrtáku
$F_c$	$[\text{N}]$	řezná síla
$F_{c1}$	$[\text{N}]$	řezná síla působící na jeden břit
$F_{c2}$	$[\text{N}]$	řezná síla působící na jeden břit
$F_f$	$[\text{N}]$	posuvová síla
$F_{f1}$	$[\text{N}]$	posuvová síla působící na jeden břit
$F_{f2}$	$[\text{N}]$	posuvová síla působící na jeden břit
$F_p$	$[\text{N}]$	pasivní síla
$F_{p1}$	$[\text{N}]$	pasivní síla působící na jeden břit
$F_{p2}$	$[\text{N}]$	pasivní síla působící na jeden břit
$L$	$[\text{mm}]$	celková délka vrtáku
$M_k$	$[\text{N.m}]$	kroučící moment
$P_c$	$[\text{kW}]$	řezný výkon
$R_a$	$[\mu\text{m}]$	drsnot povrchu
$V$	$[\text{mm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$	objem odebraného materiálu
$a_p$	$[\text{mm}]$	šířka záběru ostří
$b_d$	$[\text{mm}]$	jmenovitá tloušťka třísky
$d$	$[\text{mm}]$	průměr předpřipravené díry
$d_1$	$[\text{mm}]$	průměr osazení vrtáku
$dh6$	$[\text{mm}]$	průměr stopky
$dm_m$	$[\text{mm}]$	průměr stopky
$f$	$[\text{mm}]$	posuv nástroje na jednu otáčku
$h$	$[\text{mm}]$	pracovní délka
$h_d$	$[\text{mm}]$	jmenovitá tloušťka třísky
$l_1$	$[\text{mm}]$	délka vrtáku bez stopky
$l_2$	$[\text{mm}]$	délka stopky
$l_3$	$[\text{mm}]$	délka šroubovitě drážky
$l_4$	$[\text{mm}]$	maximální hloubka díry
$l_{1s}$	$[\text{mm}]$	programovací délka
$l_{2s}$	$[\text{mm}]$	délka vrtáku
$l_{3s}$	$[\text{mm}]$	délka šroubovitě drážky
$n$	$[\text{min}^{-1}]$	otáčky nástroje (obrobku)
$p$	$[\text{Pa}]$	tlak procesní kapaliny
$q$	$[\text{l} \cdot \text{min}^{-1}]$	průtok procesní kapaliny
$v_c$	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	řezná rychlost
$v_e$	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	rychlost řezného procesu
$v_f$	$[\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$	posuvová rychlost
$z$	$[-]$	počet atomů kyslíku

Symbol	Jednotka	Popis
$\alpha$	[-]	strukturní krystalová modifikace
$\alpha_1$	[-]	slitina Ti
$\beta$	[-]	strukturní krystalová modifikace
$\beta_1$	[-]	slitina Ti
$\epsilon_r$	[°]	úhel špičky
$\kappa_r$	[°]	nástrojový úhel nastavení hlavního ostří

Zkratka	Jednotka	Popis
CVD	[-]	Chemical Vapour Deposition
DP	[-]	ISO označení pro polykrystalický diamant
HB	[-]	tvrdost podle Brinella
HC	[-]	povlakované SK
HF	[-]	nepovlakované SK se zrnitostí < 1µm
HRC	[-]	tvrdost podle Rockwella
HT	[-]	označení pro cermety
HV	[-]	tvrdost podle Vickerse
HW	[]	nepovlakované SK se zrnitostí ≥ 1µm
KNB	[-]	Kubický Nitrid Boru
MTCVD	[-]	Middle Temperature Chemical Vapour Deposition
PKD	[-]	Polykrystalický Diamant
PKNB	[-]	Polykrystalický Kubický Nitrid Boru
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition
SK	[-]	Slinutý Karbid
STS	[-]	Single Tube System
VBD	[-]	Vyměnitelné Břitové Destičky